

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВА ОКАТЫШЕЙ
И НОВОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ
ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ
ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ**

ТОМ II

**ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ
И ОБОРУДОВАНИЕ
ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ
СЫРЫХ ОКАТЫШЕЙ И НОВОГО
ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ**




«Инфра-Инженерия»

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВА ОКАТЫШЕЙ
И НОВОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ
ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ**

ТОМ 2

**ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ СЫРЫХ ОКАТЫШЕЙ
И НОВОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ**

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2020

УДК 669.162.26

ББК 34.323

C56

А в т о р ы :

*Ф. М. Журавлев, В. П. Лялюк, Н. И. Ступник, В. С. Моркун,
Е. В. Чупринов, Д. А. Кассим*

Р е ц е н з е н т ы :

академик Академии инженерных наук Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, доктор технических наук, профессор *В. А. Петренко*;
академик Академии горных наук Украины, лауреат премии НАН Украины, доктор технических наук, профессор *И. Г. Товаровский*;
профессор Национальной металлургической академии Украины, доктор технических наук *В. В. Бочка*

C56 **Совершенствование технологии производства окатышей и нового железорудного сырья для современной доменной плавки. В 2 т. Т. 2 : Теория, технология и оборудование термоупрочнения сырых окатышей и нового железорудного сырья / [Журавлев Ф. М. и др.] – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020 – 368 с.**

ISBN 978-5-9729-0456-3 (Том 2)

ISBN 978-5-9729-0457-0

Высокие металлургические характеристики готового окускованного материала формируются в двух основных технологических этапах: подготовка сырых окатышей с необходимыми составами и свойствами и термоупрочнение сырых окатышей, обеспечивающее получение готового обожженного материала с нужными металлургическими характеристиками. В первом томе рассматриваются теория, технологии и оборудование для подготовки компонентов шихты с требуемыми физико-химическими характеристиками, их дозирование, смешивание, окомкование с получением сырых окатышей необходимого качества. Во втором томе рассматриваются теория, технологии и оборудование для термоупрочнения сырых окатышей или формирования новых видов окускованных материалов с нужными металлургическими характеристиками.

Для студентов высших учебных заведений горно-металлургического и экономического профилей, а также специалистов черной металлургии и смежных с ней отраслей.

УДК 669.162.26

ББК 34.323

ISBN 978-5-9729-0456-3 (Том 2)

ISBN 978-5-9729-0457-0

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2020

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ТЕХНОЛОГИЯ И ОСНОВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБОЖЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ.....	5
1.1. Высокотемпературное термоупрочнение сырых окатышей..	5
1.1.1. Классификация и укладка сырых окатышей в обжиговый агрегат.....	5
1.1.2. Обжиговые агрегаты для термоупрочнения сырых окаты- шей.....	16
2. ГАЗОДИНАМИКА, ТЕПЛО- И МАССООБМЕН ПРИ ТЕРМОУПРОЧНЕНИИ ОКАТЫШЕЙ В ОБЖИГОВЫХ АГРЕГАТАХ..	79
2.1. Основные закономерности газодинамики при движении газа в газо-воздушном тракте обжигового агрегата.....	80
2.2. Основные закономерности газодинамики при движении газа в слое обжигаемых окатышей.....	83
2.3. Теплообмен в слое обжигаемых железорудных окатышей.....	101
2.4. Массообмен при окислительном обжиге офлюсованных окаты- шей.....	111
3. ФИЗИЧЕСКИЕ, ХИМИЧЕСКИЕ, ФАЗОВЫЕ И СТРУКТУР- НЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ОКАТЫШАХ РАЗНОГО СОСТАВА В ПРОЦЕССЕ ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ В ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ АТМО- СФЕРЕ.....	122
3.1. Основы теории и технология сушки сырых окатышей.....	123
3.2. Физико-химические процессы и образование фаз при твердо- фазном и жидкофазном упрочнении окатышей.....	129
3.2.1. Процессы окисления магнетита.....	130
3.2.2. Процессы диссоциации карбонатов.....	134
3.2.3. Десульфурация окатышей.....	136
3.2.4. Процессы диссоциации гидратных соединений.....	137
3.2.5. Спекание и рекристаллизация гематитовых зерен.....	138
3.3. Твердофазные и жидкофазные реакции, формирование струк- туры и прочности при нагреве окатышей.....	141
3.3.1. Неофлюсованные окатыши.....	142
3.3.2. Офлюсованные окатыши.....	152
3.3.3. Окатыши офлюсованные доломитизированным известняком....	161
3.3.4. Структура, состав и свойства стеклянных железосиликатных связок обожженных окатышей.....	172
3.3.5. Механизм формирования пористости обожженных окаты- шей.....	183
4. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА МЕ- ТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОЖЖЕННЫХ ОКА- ТЫШЕЙ.....	191
4.1. Способ обогащения магнетитовых руд.....	191

4.2. Режим термоупрочнения сырых окатышей.....	196
4.3. Степень офлюсования окатышей.....	218
4.3.1. Офлюсование известняком.....	218
4.3.2. Офлюсование доломитизированным известняком.....	240
4.3.3. Промышленное производство и доменная плавка опытных партий магнийсодержащих окатышей повышенной основности.....	249
4.4. Использование твердого топлива в производстве окатышей.....	255
5. ОСНОВЫ ТЕОРИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОБОЖЖЕННЫХ ОКАТЫШЕЙ ИЗ ГЕМАТИТОВЫХ РУД И КОНЦЕНТРАТОВ.....	270
6. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ НОВЫХ ВИДОВ ОКУСКОВАННОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МАТЕРИАЛА.....	294
6.1. Обоженные окатыши с остаточным углеродом.....	294
6.1.1. Окатыши с остаточным углеродом из тонкоизмельченного твердого топлива.....	297
6.1.2. Окатыши с остаточным углеродом из фракционированного твердого топлива.....	301
6.2. Офлюсованные локальные спеки.....	323
7. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОКУСКОВАННОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ.....	345
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	351
СОДЕРЖАНИЕ.....	366